

딥러닝 알고리즘을 이용한 하지 의지 환자 보행 분석 및 예측 모델 개발

이영식*, 전형주*, 김종운*, 구동현*, 안주영*, 함수림*, 조현석**, 태기식*

*건양대학교 의공학부

**재활공학연구소

9494jj9@naver.com

Development of Gait Analysis Prediction Model for the Willing Patients with Lower Limbs Using Deep Learning Algorithm

Yong-Sik Lee*, Hyeong-Ju Jun*, Jong-Un Kim*, Dong-Hyeon Koo*, Joo-Yong An*, , Su-Rim Ham*, Hyeon-Suk Jo**, Ki-Sik Tae*

*Bio Medical Engineering, KonYang University

**Rehabilitation Engineering Research Institute

요약

본 논문에서는 일상에서 중요한 보행에 대하여 임상평가와 정확한 보행분석을 DLA와 IMU센서를 활용하여 보행분석에 정확성을 알아보고 더 나아가 DLA를 이용하여 환자의 보행단계 예측이 가능함을 확인하고자 한다.

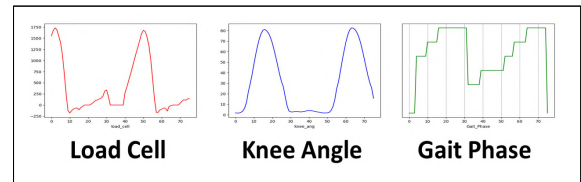
1. 서론

2. 연구방법

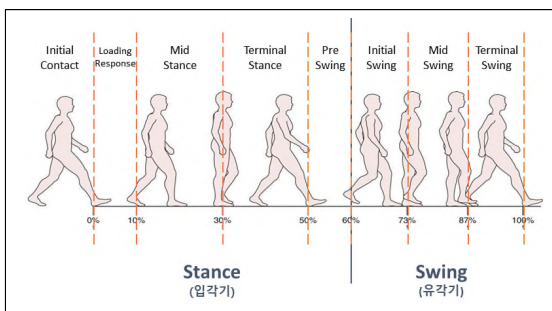
보행에 대한 임상 평가와 정확한 보행 분석은 하지 의지 구성에 있어서 중요한 정보이다. 이를 위해서 일반적으로 3차원 모션 카메라를 이용한 정확한 모션 촬영을 기반으로 보행 분석을 실시한다. 이러한 보행 분석을 통한 패턴 인식의 경우 인식 정확도는 높으나 초기 분석이 이뤄지지 않은 상황에서의 보행과 분석을 통해 환자의 개인적 특징을 명확히 하기 까지 오랜 시간이 걸리게 되어 하지 절단 환자에게 가해지는 피로도가 높다는 문제점이 있다. 그렇기에 다양한 분야에서 이미 활용 중이며 일반인 보행 분석에서도 좋은 결과를 보여준 DLA와 하지 의지에 부착된 IMU 센서를 활용한 보행 분석에 정확성을 알아보고 더 나아가 DLA를 이용해 환자의 보행 단계 예측이 가능함을 확인하고자 한다.

2.1 Load Cell을 통한 보행 추정

모델 학습을 위한 Train 데이터 및 Test 데이터를 위해 우선적으로 보행 단계 추정이 필요하였다. 이를 위해서 50Hz로 측정된 Load Cell을 통한 지면 반발력과 IMU를 통해 계산된 무릎각도를 이용하여 보행 단계를 Loading Response (LR), Mid Stance (MS), Push Off (PO), Early Swing (ES), Late Swing(LS) 5단계로 추정하여 데이터를 생성하였다. (그림 2)

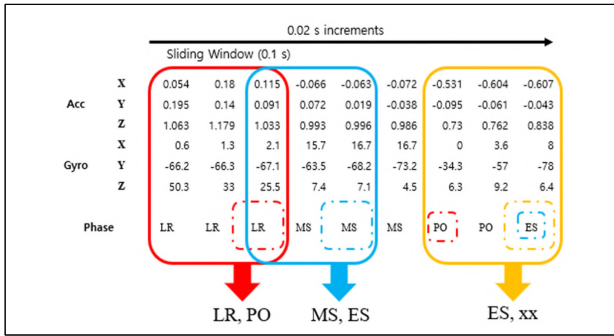


[그림 2] Load Cell and Knee Angle of Artificial Leg Sensor, and Gait was divided into 5 steps



[그림 1] 보행을 나누는 기준

앞선 방식으로 계산된 4명의 보행 패턴 데이터를 IMU의 Accelerometer와 Gyroscope 와 연결하여 Sliding Window Algorithm을 통해 평면 형식의 2차원 배열 데이터로 변환하였다. 이 과정을 통해 0.1(5Hz)초 동안의 측정 및 보행 패턴 값을 가지고 있는 데이터를 생성하였다.



[그림 3] Example image of gait phase generated using Sliding Window Algorithm

모든 데이터 수집은 평지이면서 지면에 아무 문제가 없는 연구실 내 실험실이라는 통제된 공간에서 진행되었다.

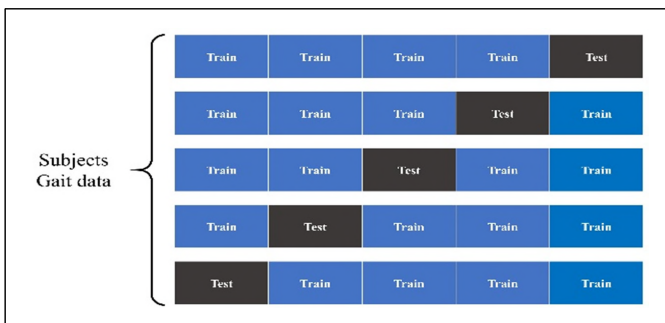
생성된 데이터는 정규화 과정을 거친 후 4차원 입력 데이터 배열로 변환과정을 거친 후 CNN 모델에 학습을 진행하였다. (표 1)

[표 1] Detail of the CNN Structure

Layer Name	Kernel Size/Num	Activation
Con2d_1	(2x2)/512	Relu
Dropout	0.3	x
Max Pooling	(2x1)	x
Con2d_2	(1x2)/256	Relu Padding
Dropout	0.3	x
Con2d_3	(1x2)/128	Relu Padding
Dropout	0.3	x
Fratten	x	x
Dense	128	Relu
Dense	5	Softmax

3. 결과

학습된 모델의 평가를 위한 Test data는 전체의 20%씩 교차 검증을 통해 반복 측정된 값의 평균을 이용하여 평가되었다. (그림 4)



[그림 4] Image of Cross Validation Method

학습을 통한 현재 보행 분석의 경우와 현재에서 0.1 s 후의 보행 단계를 예측하는 2가지 결과에 대한 재현율과 재현율을 통해 학습된 모델을 검증하였다. (표 .2)

[표 2] Analysis and prediction performance of CNN model by Gait phase

Gait Phase	Gait Analysis Precision/Recall	Gait Prediction Precision/Recall
LR	93.78% 94.25%	93.13% 95.04%
MS	94.02% 92.75%	86.58% 89.72%
PO	95.61% 92.87%	89.14% 82.99%
ES	96.74% 93.34%	94.70% 91.24%
LS	95.87% 98.64%	95.37% 95.95%
Average	95.25% 94.23%	91.78% 90.98%

결론적으로 하지 의지 데이터를 CNN을 통해 학습시킨 결과 높은 정확도를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 단, 이 결과는 실시간으로 측정되고 있는 하지 의지에 직접적으로 적용하지 않았다는 한계점이 있다.

추후 학습된 모델을 Micro Controller Unit에 적용시키는 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구를 토대로 향후 연구를 통해 하지 의지만이 아닌 외골격과 같은 다양한 분야에 활용할 수 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

- [1] Esquenazi A, "Gait analysis in lower-limb amputation and prosthetic rehabilitation," Phys Med Rehabil Clin N Am, 25:153-167, 2014.
- [2] Cloete T, and Scheffer C "Benchmarking of a full-body inertial motion capture system for clinical gait analysis," Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2008:4579-4582, 2008.
- [3] Ann M. Simon, Emily A Seyforth, and Levi J. Hargrove "Across-Day Lower Limb Pattern Recognition Performance of a Powered Knee-Ankle Prosthesis," 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics, 242-247, 2018.
- [4] Horst F, Lapuschkin S, Samek W, Muller KR, and Schollhorn WI, "Explaining the unique nature of individual gait patterns with deep learning," Sci Rep, 9:2391, 2019.
- [5] Seel T, Raisch J, and Schauer T "IMU-based joint angle measurement for gait analysis." Sensors (Basel), 14:6891-6909, 2014,
- [6] Taborri J, Palermo E, Rossi S, and Cappa P "Gait Partitioning Methods: A Systematic Review," Sensors (Basel) 16, 2016.
- [7] Hu B, Dixon PC, Jacobs JV, Dennerlein JT, and Schiffman JM. "Machine learning algorithms based on signals from a single wearable inertial sensor can detect surface- and age-related differences in walking," J Biomech. ;71:37-42, 2018.